

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-216896

(43)Date of publication of application : 27.08.1993

(51)Int.Cl. G06F 15/21  
B23Q 41/08  
G06F 15/20  
H01L 21/02

(21)Application number : 04-303579

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 13.11.1992

(72)Inventor : TAKANO TOMIKO  
FUKUDA ETSUO

(30)Priority

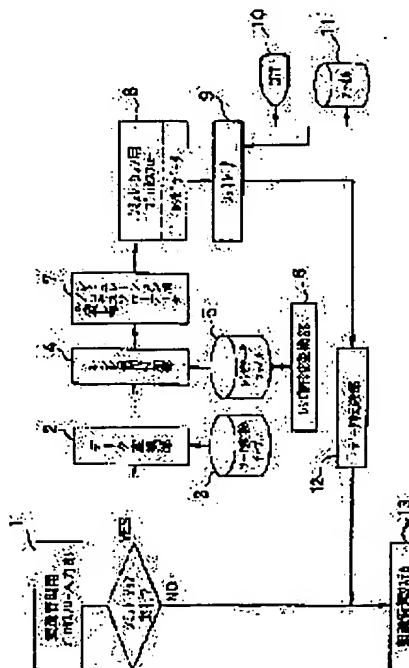
Priority number : 03299077 Priority date : 14.11.1991 Priority country : JP

## (54) MANUFACTURING PROCESS MANAGEMENT SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To facilitate the preparation of process flow and to improve simulation accuracy.

CONSTITUTION: The system consists of a code conversion table 3 retaining the correspondence relationships between manufacturing process information and simulation information corresponding to the manufacturing process information, a data conversion part 2 converting the manufacturing process information into the corresponding simulation information by means of the table 3, a recipe information conversion part 6 converting the recipe information of a manufacturing device into simulation recipe information, a recipe data file 5 storing the converted simulation receipt information, a recipe information addition part 4 adding the simulation recipe information stored in the file 5 to the simulation information converted in the data conversion part 2, a simulator 9 executing the simulation by means of simulation information 8, and a data transfer part 12 transferring the simulation result to a manufacturing process management system 13.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.04.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 31.10.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-216896

(43) 公開日 平成5年(1993)8月27日

| (51) Int.Cl. <sup>5</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号    | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|------|-----------|-----|--------|
| G 0 6 F 15/21             |      | R 7925-5L |     |        |
| B 2 3 Q 41/08             |      | Z 8107-3C |     |        |
| G 0 6 F 15/20             |      | D 7218-5L |     |        |
| H 0 1 L 21/02             |      | Z 8518-4M |     |        |

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平4-303579

(22) 出願日 平成4年(1992)11月13日

(31) 優先権主張番号 特願平3-299077

(32) 優先日 平3(1991)11月14日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 高野 都美子

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会

社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 福田 悦生

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会

社東芝研究開発センター内

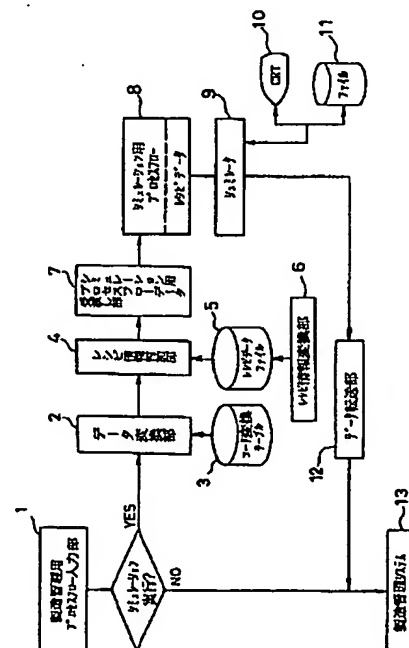
(74) 代理人 弁理士 三好 秀和 (外1名)

(54) 【発明の名称】 製造工程管理システム

(57) 【要約】

【構成】 製造工程情報とこの製造工程情報に対応するシミュレーション情報との対応関係を保持するコード変換テーブル3と、テーブル3を用いて製造工程情報に対応するシミュレーション情報に変換するデータ変換部2と、製造装置のレシピ情報をシミュレーション用レシピ情報に変換するレシピ情報変換部6と、変換されたシミュレーション用レシピ情報を格納するレシピデータファイル5と、ファイル5に格納されているシミュレーション用レシピ情報をデータ変換部2で変換されたシミュレーション情報に付加するレシピ情報付加部4と、シミュレーション用レシピ情報が付加されたシミュレーション情報8を用いてシミュレーションを実行するシミュレータ9と、シミュレーション結果を製造工程管理システム13へ転送するデータ転送部12とから構成されている。

【効果】 プロセスフロー作成が簡便になり、シミュレーション精度が向上する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 製造工程情報とこの製造工程情報に対応するシミュレーション情報との対応関係を保持するコード変換テーブルと、

このコード変換テーブルを用いて製造工程情報を対応するシミュレーション情報に変換するデータ変換部と、

製造装置の起動条件情報を、シミュレーション用の起動条件情報に変換するレシピ情報変換部と、

このレシピ情報変換部によって変換されたシミュレーション用の起動条件情報を格納するレシピデータファイルと、

このレシピデータファイルに格納されているシミュレーション用の起動条件情報を、前記データ変換部によって変換されたシミュレーション情報に付加するレシピ情報付加部と、

このレシピ情報付加部によってシミュレーション用の起動条件情報が付加されたシミュレーション情報を用いてシミュレーションを実行するシミュレータと、

シミュレーション結果を製造工程ラインへ転送するデータ転送部とを具備した事を特徴とする製造工程管理システム。 20

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 シミュレーションを取入れた製造工程管理システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 製造ラインを管理するために、例えば半導体製造ラインでは複数のコードや数値により構成された製造工程順と、その処理の内容が記述された情報（これをプロセスフロー情報と呼ぶ）をコンピュータで管理することにより作業が行われている。このプロセスフロー情報の書式は各製造ラインにおいて固有のフォーマットで記述されている。 30

【0003】 一方、半導体素子解析用シミュレータに代表されるシミュレータにも計算を行うためのプロセスフローの情報を必要とする。しかし製造ラインで用いられるプロセスフロー情報とシミュレータで用いられるそれとはほとんど違うフォーマットを有し、内容も多少異なっていた。

【0004】 従来、図7のように製造管理システム (a) とシミュレーションシステム (b) は分離していた。このため、製品を製造し、且つシミュレーションも行う場合には、それぞれ専用のプロセスフロー情報を作成し、各々のファイル41, 42に格納しなければならなかった。

【0005】 半導体技術者にとって、プロセスフロー作成は手間が掛かり、大きな負担となるため技術者がシミュレーションを省くことが少なくなかった。

【0006】 また、従来のシミュレーション用プロセスフロー情報には、製造装置を起動させるための固有のデ 50

ータ、例えば酸化炉の立ち上げ／立ち下げ時の温度変化の速度、ガス、時間などの情報（レシピデータ）が含まれていなかったため、実際の製品のプロセス結果と差異が生じた。

【0007】 このレシピデータの欠如を合わせ込むために、シミュレータ内部の計算式のパラメータを調整するというを行っていた。しかしレシピデータは装置や処理条件によって異なり、変更も頻繁であるため、その都度調整が必要となってしまうので効率的ではない。また、このような合わせ込みの方法では、シミュレータ自身の精度向上に寄与することもできない。

【0008】 或いは、技術者は直接ライン担当者から各工程のレシピデータを入手し、シミュレーション用プロセスフローに記述していた。しかし、この情報を随時取り入れることは大変手間が掛かるワークとなり、レシピデータをシミュレーション用のプロセスフローに取り入れることは半導体技術者にとって大きな負担となっていた。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】 このように、従来は製造工程管理システムとシミュレータ間にプロセスフロー情報の互換機能を持つ中間媒体が無い場合、複数のプロセスフロー作成に技術者が多大な時間を浪費していた。更に、レシピデータを含まずにシミュレーション用プロセスフローデータを作成していたため、シミュレーション結果と実デバイスとの特性精度に信頼性が無いという問題が生じた。

【0010】 この発明は、製造工程管理システムとシミュレータ間に存在するこれらの問題を無くし、双方の作業が効率的に行えるシステムを提供する事を目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】 この発明は上記課題を解決するために、製造工程情報とこの製造工程情報に対応するシミュレーション情報との対応関係を保持するコード変換テーブルと、このコード変換テーブルを用いて製造工程情報を対応するシミュレーション情報に変換するデータ変換部と、製造装置の起動条件情報を、シミュレーション用の起動条件情報に変換するレシピ情報変換部と、このレシピ情報変換部によって変換されたシミュレーション用の起動条件情報を格納するレシピデータファイルと、このレシピデータファイルに格納されているシミュレーション用の起動条件情報を、前記データ変換部によって変換されたシミュレーション情報に付加するレシピ情報付加部と、このレシピ情報付加部によってシミュレーション用の起動条件情報が付加されたシミュレーション情報を用いてシミュレーションを実行するシミュレータと、シミュレーション結果を製造工程ラインへ転送するデータ転送部とから構成されている。

## 【0012】

【作用】この発明によれば、製造工程管理用プロセスフロー情報作成と同時に、必要に応じてシミュレーション用プロセスフローも自動作成され、技術者のプロセスフロー作成の作業効率が向上される。また、このシミュレーション用プロセスフローには、自動的にレシピデータが取り込まれるため、製造ライン独自の環境（例えば取扱物質や装置の機種、条件等）に適した素子解析シミュレーションが可能となる。

【0013】このように今まで負担となっていたプロセスフロー作成が効率的に行えるようになることから、技術者のシミュレータ使用頻度は増加する。さらにレシピ情報等のシミュレーション用プロセスフローへの取り込みが可能となることから、より正確なシミュレーション結果を得られる効果が期待できる。

【0014】このことはまた、実デバイスで検討を行っていた処理条件の最適化例えばイオン注入工程におけるイオンドーズ量の条件範囲などがシミュレーション結果より絞られ、その結果、製造ラインに於けるロットの条件振り、分割作業が減少する。

【0015】このため、製造ラインに存在する条件振りのための製品数が減り、処理待ちなどの製品が減少する。その結果製造装置のスループットが上昇し、LSI開発における製造効率が大きく向上する。

【0016】

【実施例】以下図面を用いてこの発明の実施例を説明する。図1に製造工程管理用プロセスフローデータ及びシミュレーション用プロセスフローデータの流れを示す。図1で示す全体構成が図2のEWS 21に実現されている。

【0017】図2に示すように、この製造工程管理システムは、入力される処理（プロセス）の順序や処理の内容が記述されたコード情報（プロセスフロー情報）に、製造装置の中で行われる実際の処理の流れ、例えば、酸化炉におけるガスの流量とその流出のタイミングや温度上昇速度等の情報（装置レシピ）を、付加する機能を有したコンピュータ（EWS）21、及びコンピュータ情報格納媒体（ハードディスク）22を有している。

【0018】このハードディスクは、コンピュータ21に直接接続されていなくても、ネットワークを介して他のEWSに接続されているHDD（ハードディスク）を使用しても良い。

【0019】コンピュータ21は、LANなどの通信媒体23を介してクリーンルーム内にある製造装置（M/C）24及び装置コントローラ25を起動・管理するブロックコンピュータ（B/C）26とそのデータ記録媒体27と、クリーンルーム全体を管理するホストコンピュータ（H/C）28と情報を通信することができる。

【0020】また、コンピュータ21が使用する記録媒体22には、プロセス/デバイスシミュレータ等のアプリケーションプログラムも格納されており、本発明の製

造工程管理システムと同様に、コンピュータ21上で起動することができる。

【0021】製造装置24を管理するブロックコンピュータ26は、通信媒体を介して製造装置24と接続されており、ブロックコンピュータ26の記録媒体27には製造装置24に処理を行わせるための情報（装置用レシピ情報）が格納されている。この装置用レシピ情報はネットワークを介してコンピュータ21からアクセスすることができる。

【0022】図1において、製造管理用プロセスフロー入力部1は、製造の処理の流れと処理条件を記述した情報（プロセスフロー情報）を入力する部分である。入力手段としては、キーボード、マウス等の入力装置を用いて直接プロセスフロー情報を入力する方法と、あらかじめプロセスフロー情報を作成して、磁気ディスクに代表される記録媒体に保存し、そこからコンピュータ21に読み込む方法等がある。

【0023】データ変換部2は、製造管理用プロセスフローコードや数値をプロセスシミュレーションやデバイスシミュレーションなどで使われるコード群のフォーマットに変換する。

【0024】例えばプロセスシミュレーションで酸化拡散工程は

&DIFF WET TEMPERATURE=900 TIME=60 ... (1)

等で表される。一方、製造工程管理用プロセスフローデータ情報は

OXDIF : GAS=BOX, TEMP=900, TIME=1H ; ... (2)

などと記述される。

【0025】ここでこのデータ変換部2は、データ(2)のGAS=BOXを図3に示すようなコード変換テーブル3を用いることでWETに変換する。これと同様の作業を他のコードや数値、他の工程、つまりプロセスフロー全てに適用することで製造工程管理用プロセスフローデータをシミュレーション用プロセスフローデータ(1)に変換することができる。他の製造ラインに適用する場合には、このコード変換テーブル3の変換側の値をその適用ライン用に修正することで利用することができる。

【0026】レシピ情報付加部4は、製造管理用プロセスフロー入力部1より入力されたプロセスフローデータにレシピ情報を付加する機能を有している。ここで、レシピ情報はレシピデータファイル5にデータベースとして格納されており、このファイル5からレシピ情報を引き出して、シミュレーション用プロセスフローデータに付加する。

【0027】ところで、レシピデータファイル5に格納されているレシピデータは、キーボードやマウス等の入力手段を用いて直接データベースに入力する方法もあるが、レシピ情報変換部6を用いることにより、ブロックコンピュータ26の装置レシピ情報格納媒体27からオンラインで情報を得ることができる。この装置レシピ情

報のオンラインについては後述する。

【0028】シミュレーション用プロセスフローデータ受渡し部7は、レシピ情報付加部4を経てレシピ情報が付加されたシミュレーション用プロセスフロー8を、シミュレータ9へ転送する分部である。この時点でプロセスフローデータ8がシミュレータ9に入力される。

【0029】シミュレータ9は、入力されたプロセスフロー8を用いて、半導体素子用のプロセスおよびデバイスシミュレーションを行う部分である。

【0030】ここで、半導体製造における酸化拡散工程を例にとってレシピ情報について説明する。

【0031】酸化拡散工程では、図4に示すように、装置に製品を入れた後に、装置内のガスの種類と流量とその上昇速度等複数のパラメータを変化させることで、酸化拡散条件を決定する。

【0032】図4の例では、まず850℃で製品が炉に入り(①)、暫く放置され(②)、900℃まで温度上昇し(③)、再度放置し(④)、次に半導体製造のプロセスフロー情報に記述されていた条件の処理を行い(⑤)、放置し(⑥)、850℃まで温度下降(⑦)した後に、炉から出る(⑧)というステップを踏む。このとき流れるガスもそれぞれのステップで変化することもある。

【0033】レシピデータファイル5ではこの様な各ステップの処理条件、例えば処理開始(終了)温度、時間、ガス、ガス流量(分圧)等のデータが記述されている。図5はレシピデータファイル5のフォーマットの一例である。

【0034】①～⑧のようなシーケンスは、ガスの種類と処理温度の組み合わせである程度固定されている。

【0035】実処理ステップ(⑤)の時間は技術者の行う処理条件によって異なるため、ファイル5内の実処理時間(このファイルの場合(STEP5, TIME))は、製造管理用プロセスフロー入力部1で入力されたプロセスフロー情報から代入される。

【0036】この様にファイル5のフォーマットを固定させておけば、処理条件や装置によって異なるレシピ情報が存在していても、このファイル5を書き換えることで適用できる。

【0037】このレシピデータファイル5は、技術者が

マウスやキーボード等の入力手段を利用して作成することもできるが、レシピ情報変換部6により生成することも可能である。つまり、レシピ情報変換部6は図2の通信媒体23で接続されたブロックコンピュータ26付随の記録媒体27に格納されている装置用レシピ情報を、レシピデータファイル5のフォーマットに自動変換する機能であり、時間単位で更新する機能も有している。

【0038】そのため、レシピ情報は頻繁に変更され、常に更新されたレシピ情報を取り入れることができる。このレシピデータファイル5は装置用レシピ情報毎に別々のファイルで格納されていてもよいが、1つのファイル内に複数のレシピ情報が格納されていてもよい。

【0039】次に、上記の如き構成によるレシピデータの自動付加機能の動作について説明する。

【0040】製造管理用プロセスフロー入力部1によりプロセスフロー情報をコンピュータ21のメモリ上に取込む。例えば、半導体製造過程の一工程に「酸化拡散工程、使用ガス=酸素、処理温度=900℃、酸化処理時間=50分」という情報が会ったとする。この情報がある決められた英数字フォーマット例えば、「OXDIF,OX:GAS=BOX,TEMP=900,TIME=50M」のように記述されているプロセスフロー情報を製造管理用プロセスフロー入力部1が取込む。

【0041】このプロセスフロー情報をデータ変換部2でシミュレーション用プロセスフローデータに変換した後、レシピ情報付加部4に送り、レシピデータファイル5からプロセスフロー情報に該当するシミュレーション用レシピデータを読込み、プロセスフロー情報に付加する。付加の方法は次に例を挙げて示す。

【0042】例えば、製造工程用プロセスフローが式(3)のような情報であったとする。

【0043】  
OXDIF,OX:GAS=BOX,TEMP=900,TIME=50 …… (3)

レシピ情報付加部4は、上記の“OXDIF”で酸化拡散工程を、“GAS=BOX,TEMP=900”でレシピデータファイル5を同程し、このファイル5を読込む。このファイル5が例えば表1のような内容であったとする。

【0044】

【表1】

|       | TEMP1 | TEMP2 | TIME | GAS1 | FLW1 | GAS2 | FLW2 |
|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| STEP1 | 850   | 850   | 7    | O2   | —    | —    | —    |
| STEP2 | 850   | 850   | 28   | O2   | —    | —    | —    |
| STEP3 | 850   | 900   | 13   | O2   | —    | —    | —    |
| STEP4 | 900   | 900   | 10   | O2   | —    | —    | —    |
| STEP5 | 900   | 900   | x    | O2   | 0.88 | —    | —    |
| STEP6 | 900   | 900   | 15   | N2   | —    | —    | —    |
| STEP7 | 900   | 850   | 20   | N2   | —    | —    | —    |
| STEP8 | 850   | 850   | 40   | N2   | —    | —    | —    |

ここで、上表には次のような情報が記述してある。STEP 1 では 850℃で O2 を流しながら 7 分間でウェハーを炉に入れ（図 4 の①にあたる）、STEP3 で、O2 雰囲気 850℃から 900℃に温度を 13 分間で上昇させ（②）、STEP4 を経てSTEP5 で式（3）に示された目的の処理（⑤）が行われる。

【0045】この実処理時間xに、式（3）で記された時間「50」が代入され、STEP7 で温度を下げていき（⑦）、STEP8 で炉から出て（⑧）、この酸化拡散工程は終了する。

【0046】レシピ情報付加部4は、目的の処理（STEP 5）以外の上記のようなレシピ情報をシミュレーション用\*

.DIFF DRY TEMP=850 TIME= 7 ... STEP1  
 .DIFF DRY TEMP=850 TIME=28 ... STEP2  
 .DIFF DRY TEMP=850 TRATE=10 TIME=13 ... STEP3  
 .DIFF DRY TEMP=900 TIME=10 ... STEP4  
 .DIFF DRY TEMP=900 TIME=50 PRES=0.88 ... STEP5  
 .DIFF NIT TEMP=900 TIME=15 ... STEP6  
 .DIFF NIT TEMP=900 TRATE=2 TIME=50 ... STEP7  
 .DIFF NIT TEMP=850 TIME=40 ... STEP8

式（4）の例では、STEP5以外がレシピ情報に当たる。

【0049】この様に、レシピ情報付加部4によって、シミュレーション用に変換されたプロセスフローにレシピ情報が自動的に付加され、シミュレーション用プロセスフローが作成される。生成されたプロセスフロー8は受渡し部7によってシミュレータ9へ転送される。

【0050】シミュレータ9に入力されたシミュレーション用プロセスフロー8は、例えば式（1）で示したデータの場合、シミュレーション結果、例えばイオン注入と拡散による不純物のプロファイルと同一コンピュータ21のCRT10上にマルチウィンドウ表示される（図6）。

【0051】図6において、31が製造工程管理用プロ

\*プロセスフロー（式（3））に付加する。

【0047】情報の付加は、レシピデータファイル5の各ステップをシミュレーション用プロセスフローの1工程とみなし、1行ずつ記述される。上の例で、シミュレーション用プロセスフロー（式（3））はレシピ情報付加部4に入力されると、以下のようなシミュレーション用のプロセスフロー形式に変換され、さらにレシピ情報の各ステップもシミュレーション用のプロセスフロー形式に変換されて自動的に付加され、式（4）のようになる。

【0048】

【数1】

... STEP1  
 ... STEP2  
 ... STEP3  
 ... STEP4  
 ... STEP5  
 ... STEP6  
 ... STEP7  
 ... STEP8 .....式（4）

セスフローデータ、32がシミュレーション用プロセスフローデータ、33がシミュレーション結果画面である。さらに、シミュレーション結果は、データ転送部12によって製造工程管理システム13に転送される。

【0052】再度シミュレーションを行う事象が生じた場合には、ファイル11に保存されたシミュレーション用プロセスフローデータを読み出すか、或いは修正してシミュレータ9に入力することができる。

【0053】なお、今回の実施例では製造工程管理システムについてのみ説明したがこの発明はこれに限ることではない。例えば、入力されたデータをLANなどの通信手段を用いることによってクリーンルームを管理するコンピュータに入力し、クリーンルーム内の製品を管理す



ることもできる。

【0054】同様にプロセスフローデータもクリーンルーム管理システムのコンピュータにファイルとして存在するため、必要に応じてシミュレータに入力し、計算結果を得ることができる。つまり製造ライン管理システムとシミュレータが一体となるため、製品の進行状況と同時にそのときのシミュレーション結果も端末から確認することが可能となる。

【0055】さらに、この発明は、プロセスシミュレーションに限らず、デバイスシミュレーションにも応用可能なものである。

【0056】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば製造ライン独自の装置や条件などの環境に適したシミュレーションが製造工程管理システム上で可能となり、このシステムによって、プロセスフロー作成が簡便になる。また、レシピデータを自動的に取り込んでシミュレーションを実行するため、実デバイスに近いシミュレーション結果が得られ、製造ラインの製品が効率良く流れるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明のシステムによるデータの流れ図である。

【図3】

| OXDIF   | DIFF |
|---------|------|
| GAS=BOX | WET  |
| GAS=O2  | DRY  |
| GAS=N2  | NIT  |

【図2】この発明のシステム全体の構成図例である。

【図3】製造工程管理用プロセスフローからシミュレーション用プロセスフローを生成するためのコード変換テーブルの1例である。

【図4】ある装置におけるレシピデータの1例である。

【図5】レシピテーブルの1例である。

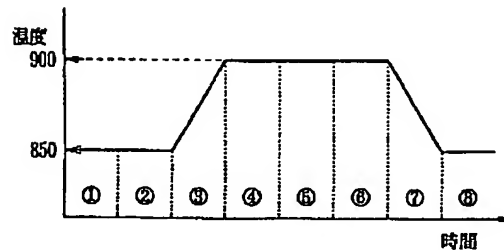
【図6】プロセスフローデータとシミュレーション結果がマルチウィンドウ表示された表示画面例である。

【図7】従来のシステム構成である。

【符号の説明】

- 1 製造工程管理用プロセスフロー入力部
- 2 データ変換部
- 3 コード変換テーブル
- 4 レシピ情報付加部
- 5 レシピデータファイル
- 6 レシピ情報変換部
- 7 シミュレーション用プロセスフローデータ受渡し部
- 8 シミュレーション用プロセスフローデータ
- 9 シミュレータ
- 10 CRT
- 11 ファイル
- 12 データ転送部
- 13 製造管理システム

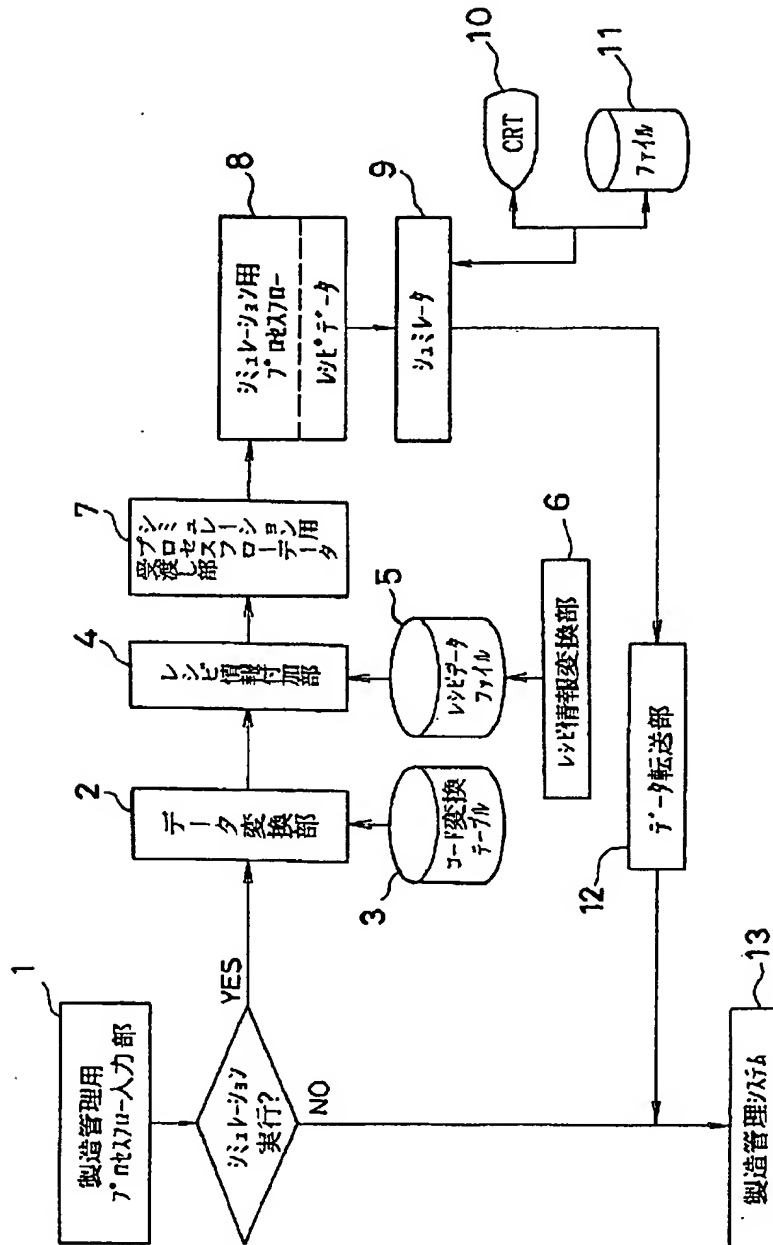
【図4】



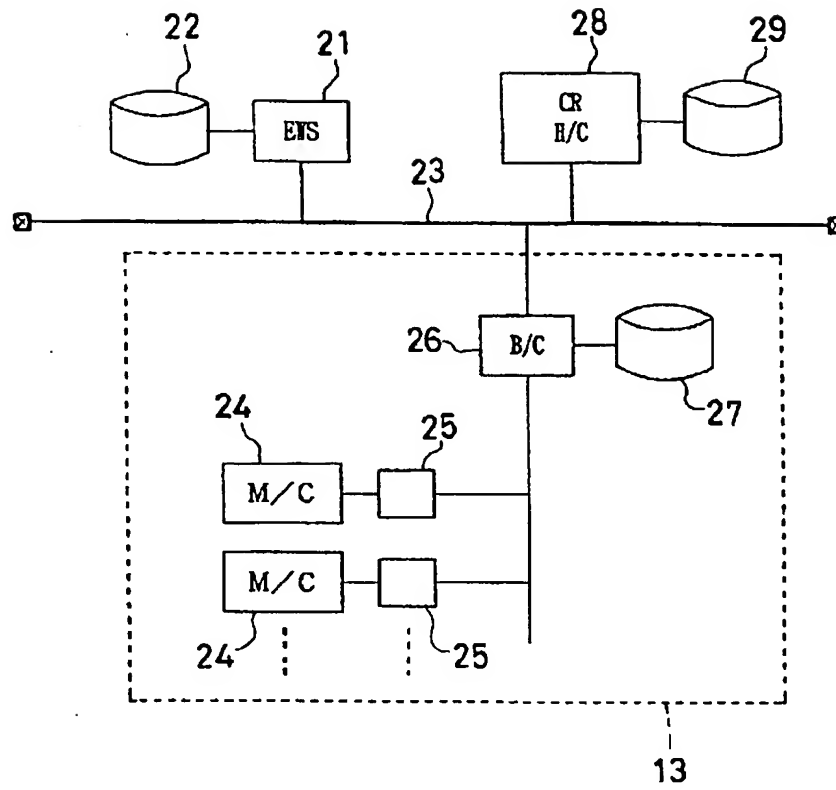
【図5】

|       | Temp1 | Temp2 | Time | gas1 | gas2 |
|-------|-------|-------|------|------|------|
| Step1 |       |       |      |      |      |
| Step2 |       |       |      |      |      |
| Step3 |       |       |      |      |      |

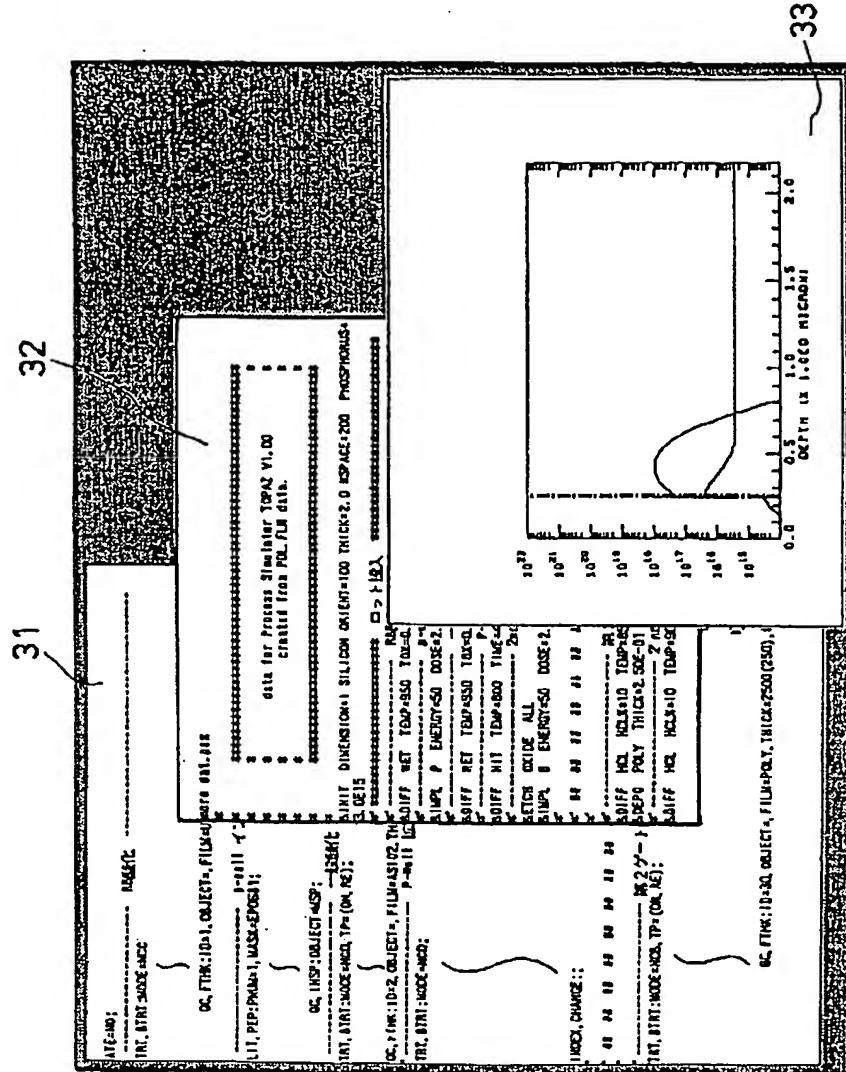
【図1】



【図2】

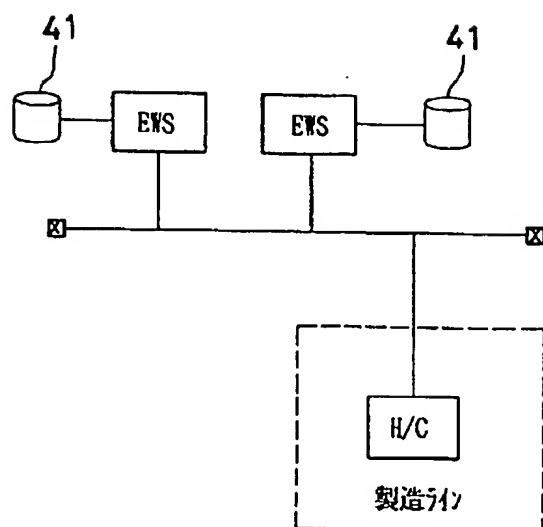


【図6】



【図7】

(a)



(b)

